

MAANPARANNUSAINEIDEN VAIKUTUS MAAN MIKROBIOLOGIAAN

Case: Humuspehtoorin peltokoe Lepaalla



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, puutarhatalous

kevät, 2017

Jemina Laihosola

Puutarhatalous
Lepaa

Tekijä	Jemina Laihosola	Vuosi 2017
Työn nimi	Maanparannusaineiden vaikutus maan mikrobiologiaan	
Työn ohjaaja	Teo Kanninen	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kahden eri maanparannusaineen vaikutusta maan mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Peltokoe on Humuspehtoori Oy:n tilaama ja se toteutetaan Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikön pelloilla. Koe kestää kymmenen vuotta, ja siitä tehdään mikrobiologiset analyysit lähtötilanteesta, kolmantena, viidentenä ja kymmenentenä vuotena. Tämä opinnäytetyö käsittelee kokeen kolmatta vuotta.

Peltokoe on perustettu vuonna 2014 ja siinä on peltoalaa noin hehtaari. Kokeessa on kahdeksan eri käsittelyä, joista on tehty neljä kerrannetta, eli koeruutuja on yhteensä kolmekymmentäkaksi. Puolet koeruuduista saavat maanparannusainekäsittelyä, mikä tarkoittaa hitaasti liukenevia ravinteita sisältävän orgaanisen aineksen sekä puukuidun lisäämistä. Osaan koeruuduista on tehty jankkurointi ja osa saa väkilannoituksen. Jokaisessa kerranteessa on yksi kontrolliruutu, joka ei saa minkäänlaisia käsittelyjä.

Teoriaosuudessa esitellään maaperän tärkeitä ominaisuuksia mikrobien kannalta sekä maaperän ravintoverkostoa, jonka mikrobit muodostavat. Orgaaninen aines on tärkeä lähtökohta mikrobiologiselle aktiivisuudelle, ja mikrobiologinen aktiivisuus maaperässä puolestaan takaa ravinteiden kierron, sekä kasvien ja maaperän hyvinvoinnin.

Mikrobiologisissa kokeissa tutkittiin bakteerien ja sienten määrää maaperässä sekä maahengitystä, joka syntyy mikrobien ja juurten hiilidioksidin tuotannosta. Bakteerien määrä laskettiin viljelemällä niitä agar-alustoilla ja sienirihmastojen pituudet laskettiin värjätyistä näytteistä mikroskoopin avulla. Maahengitystä mitattiin pellolla ämpäreiden ja hiilidioksidi-indikaattorien avulla.

Tulosten ainoat tilastollisesti merkitsevät erot löytyivät maahengitystuloksista. Maahengitys oli selkeästi aktiivisempaa koeruuduissa, joihin oli lisätty orgaanista ainesta. Muilta osin käsittelyjen väliltä ei löydetty suuria eroja.

Avainsanat Maanparannus, puukuitu, maahengitys, mikrobiologia, maaperän ravinto-verkosto.

Sivut 24 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Horticulture
Lepaa

Author	Jemina Laihosola	Year 2017
Subject	Effects of soil enrichment on the microbiology of the soil	
Supervisor	Teo Kanninen	

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effects of two different soil enrichment products on the microbiological qualities of the soil. The field experiment is commissioned by Humuspehtoori Oy and it is carried out on the fields of Lepaa unit of Häme University of Applied Sciences. The experiment lasts for ten years, and the results concerned in this thesis are from the third year of the experiment.

The field experiment was established in 2014, and it covers an area of about one hectare. There are thirty-two experimental plots which consist of eight different treatments in four replicates. Half of the experimental plots are treated with organic matter such as wood fibre and slowly soluble nutrients. Some plots get artificial fertilizers and some get subsoil ploughing. In every replicate there is one control plot which is not treated in any way.

The theoretic part of this thesis discusses the important qualities of the soil for the microbes and the soil food web. Organic matter is a vital matter for the microbes and their activities. The microbiological activity is the starting point of recycling nutrients in the soil and the well-being of the plants and the soil.

In the experiment the quantity of bacteria and fungi in the soil were determined in a laboratory. The amount of soil respiration was determined on the field. The only statistical differences were found in the amount of soil respiration. Soil respiration was more active in the plots where there had been organic matter added.

Keywords Microbiology, soil enrichment, soil food web, soil respiration, wood fibre.

Pages 24 pages including appendices 2 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MAAPERÄN OMINAISUUKSIA	2
2.1	Koostumus.....	2
2.1.1	Mineraalit	2
2.1.2	Orgaaninen aines.....	3
2.1.3	Ilma ja vesi	4
2.2	Ritsosfääri.....	4
3	MAAPERÄN RAVINTOVERKOSTO.....	5
3.1	Bakteerit.....	6
3.2	Sienet.....	7
3.3	Lierot	8
3.4	Muut eliöt.....	8
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	10
4.1	Koeruudut ja käsittelyt.....	10
4.2	Maanäytteiden otto	11
4.3	Kuiva-aineen määrittäminen.....	11
4.4	Bakteerimääritykset	11
4.5	Sienimääritykset	12
4.6	Maahengitysmittaukset	14
5	TULOKSET	15
5.1	Bakteerien määrä	15
5.2	Sienirihmastojen pituus	16
5.3	Maahengitys.....	17
6	TULOSTEN TULKINTA.....	18
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	20
8	LÄHTEET.....	21

Liitteet

Liite 1	Kartta koeruuduista
Liite 2	Kuva kaurapellosta

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee Humuspehtoori Oy:n tilaaman peltokokeen kolmatta tutkimuskautta. Peltokoe on yksi suurimmista maanparannuskokeista, joita Suomessa on tehty. Maanparannuksen hyvistä vaikutuksista on tiedetty jo pidemmän aikaa, mutta nyt viljelijät ovat enenevässä määrin kiinnostuneita myös toteuttamaan maanparannuskäytäntöjä pelloillaan.

Maanparannuksen myötä peltoja on mahdollisuus saada vastustuskykyisemmiksi tauteja ja tuholaisia vastaan, sekä vähentää väkilannoitteiden käyttöä. Hartikaisen (1992, 49) mukaan maan biologinen aktiivisuus takaa sen, että kasvit saavat tehokkaasti ravinteita maaperän orgaanisesta aineksesta. Biologinen aktiivisuus tarkoittaa maaperän mikrobiston elämää ja ravinteiden kierrätystä. Mettingin (1993, 3) mukaan kokeissa on todettu, että maata parantamalla on saatu tuloksia parantuneesta mikrobiilanteesta.

Maanmuokkauksen ja sadonkorjuun kautta maasta poistuu orgaanista ainesta, joka on perusta niin mikrobiston toiminnalle kuin myös maan rakenteen ylläpitämiselle. Tehokkaassa maanviljelyssä orgaanista ainesta harvoin lisätään takaisin peltoon. Ilman orgaanista ainesta maata joudutaan lannoittamaan ja kastelemaan useammin, sillä sen rakenne ja mikrobiologiset toiminnot ovat epätasapainossa. Maanparannus orgaanisten aineiden avulla ei kuitenkaan tapahdu hetkessä, mutta sen tulokset näkyvät maassa pitkään. (Mantsinen 2017, 37.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millainen mikrobiilannekokeen kolmannella tutkimuskaudella on maanparannusruuduissa verrattuna ruutuihin, joihin ei ole lisätty orgaanista ainesta.

2 MAAPERÄN OMINAISUUKSIA

2.1 Koostumus

Maaperä on maapallon uloin kerros, joka muodostuu epäorgaanisista ja orgaanisista aineksista. Se on kasvien luonnollinen elinympäristö, jossa ne elävät, lisääntyvät ja kuolevat, samalla luoden jatkuvan orgaanisen aineksen kierron. Maaperä on alusta, johon kasvit voivat kasvattaa juuret, ja sen lisäksi se tarjoaa ilma-, vesi- ja ravinnevaraston kasveille. (Subba Rao 1995, 12.) Maaperä koostuu mineraaleista (50-60 %), vedestä (25-35 %), ilmasta (15-25 %) ja vaihtelevasta määrästä orgaanista ainesta (White 1997, 9).

2.1.1 Mineraalit

Maaperän mineraalien raekoko vaikuttaa maan vedenpidätyskykyyn. Maalajeja luokitellaan eri tavalla eri tarkoituksia varten, Suomessa kivennäispeltomaat luokitellaan rakeiden läpimitan perusteella seuraavasti:

- <0,002 mm savet
- 0,002-0,02 mm hiesu
- 0,2-0,2 mm hietta
- 0,2-2 mm hiekka

Mineraaleista koostuvat maamurut ovat yleensä negatiivisesti varautuneita, jolloin positiivisesti varautuneet ravinnekationit kiinnittyvät niihin helposti ja välttyvät huuhtoutumiselta (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 387). Maan rakenne muodostuu kiinteiden aineiden koosta ja muodosta, sekä niiden sijoittumisesta ja määrästä huokostilaan verrattuna. Maan rakenne vaikuttaa maaveden liikkeeseen ja kaasujen vaihtoon, ja tätä kautta merkittävästi maaperän mikrobien elämään sekä kasvien juurtumiseen. (Metting 1993, 4.)

Kivennäismaiden orgaanisen aineksen pitoisuus esitetään prosentteina, jolloin vähämultainen on alle 3 %, multava 3-6 %, runsasmultainen 6-12 % ja erittäin runsasmultainen 12-20 %. Eloperäiset maat luokitellaan joko orgaanisen aineksen määrän tai laadun perusteella. (Hartikainen 1992, 24-28.)

2.1.2 Orgaaninen aines

Orgaaninen aines on olennaisessa osassa kasvullisessa maassa. Orgaanista ainesta on maan sisässä ja pinnalla oleva kuollut kasvi- ja eläinperäinen aines, niiden orgaaniset hajotustuotteet sekä niistä syntetisoitu aines. Elävä mikrobisto ei kuulu maan orgaaniseen ainekseen. Orgaaninen aines jaotellaan kolmeen ryhmään:

- kasvien, eläinten ja mikrobien jätteet, jotka eivät ole vielä hajonneet
- eri hajoamisasteilla oleva aines
- humus (Hartikainen 1992, 44-45.)

Orgaanisen aineksen hajotus etenee kolmessa vaiheessa; ensin tapahtuu kasvi- tai eläinperäisen jätteen solunsisäiset hajoamisreaktiot, seuraavaksi maaperän isot eliöt hienontavat kuollutta ainesta ja muokkaavat sitä maahan, ja lopulta mikrobit syövät pieneksi pilkotun aineksen. Maan kemiallis-fysikaaliset ominaisuudet kuten lämpötila, kosteus, pH sekä ravinne- ja happitilanne vaikuttavat hajotuksen tehokkuuteen. (Hartikainen 1992, 44-46.)

Orgaanisen aineksen laadulla ja määrällä on suuri vaikutus maaperän biologisiin, fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Orgaaniset yhdisteet mineralisoituvat kun mikrobitoiminta hajottaa ne epäorgaanisiksi yhdisteiksi kuten hiilidioksidiksi, vedeksi ja erilaisiksi suoloiksi. Samalla vapautuu energiaa, ja mineralisoitumisen rinnalla tapahtuu myös humifioitumista eli humuksen muodostumista. Ravinteet sitoutuvat eli immobilisoituvat kun mikrobit käyttävät mineralisoituneita aineita ravinnokseen. Helposti hajoava orgaaninen aines on kasvien ravinnevarasto, sillä siitä vapautuu helposti epäorgaanisia ravinnesuoloja ja hiilidioksidia kasvien käyttöön. (Hartikainen 1992, 45-49.)

Humus puolestaan on hitaasti hajoavaa, ja sen merkitys kasveille perustuu enemmänkin sen fysikokemiallisiin ominaisuuksiin ja reaktioihin kuin ravinteiden luovuttamiseen. Hitaan hajoamisen johdosta humuksen vaikutus maaperään on pitkäaikainen. (Hartikainen 1992, 49.) Humusta muodostuu pääosin ligniinin hajotuksen yhteydessä (Salkinoja-Salonen 2002, 497). Ligniiniä hajottavat sienet ja aktinobakteerit (White 1997, 38). Ligniini on kasviperäisistä aineksista hitaimmin hajoavaa, kun taas selluloosa ja tärkkelys hajoavat nopeasti. Humus on suurimolekyylistä ja kompleksista ainesta, joten mikrobien on vaikeaa hajottaa sitä. Maan biomassan puoliintumisaika on yleensä pari vuotta, mutta humuksen puoliintumiseen voi mennä jopa useita satoja vuosia. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 388.)

2.1.3 Ilma ja vesi

Maaperän hiilidioksidipitoisuus on korkeampi kuin ilmakehän hiilidioksidipitoisuus. Maaperässä hiilidioksidia on 0,3 – 1 prosenttia, kun taas ilmakehässä sitä on 0,03 prosenttia. (Subba Rao 1995, 18.) Jos maaperän happi-tilanne on vähäinen, maatumisprosessi hidastuu ja lopputuotteina voi syntyä haitallisia yhdisteitä kuten metaania, etyleeniä ja rikkivetyä (Hartikainen 1992, 47). Maaperässä oleva ilma on vesihöyryllä kyllästettyä, maaprofiilia alaspäin mentäessä happipitoisuus vähenee ja hiilidioksidipitoisuus kasvaa. Orgaanisen aineksen hajotuksessa tapahtuvaa hapen kulu-tusta ja hiilidioksidin tuotantoa kutsutaan maahengitykseksi. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 386-389.)

Maaperän vedenpidätyskyky riippuu huokoisuudesta. Vesi on maaperässä monessa eri muodossa; vesihöyrynä, vapaana vetenä ja pidättyneenä vetenä. Vesihöyry on maaperän ilmassa olevaa vettä ja vapaa vesi maaperässä vapaasti liikkuvaa vettä. Pidättynyt vesi on sitoutunut maaperään niin, ettei se poistu maasta painovoiman tai haihtumisen johdosta. Pidättynyt vesi on sitoutunut maamuruihin muodostaen vesipinnan, joilla suurin osa maaperän mikrobeista elää. Mikrobiston elämisen kannalta pidättyneen veden ravinnepitoisuus ja pH ovat tärkeitä tekijöitä. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 385-388.)

2.2 Ritsosfääri

Ritsosfääri on juurten välittömässä läheisyydessä oleva alue maaperässä, jossa mikrobisto ja kasvit ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa (Metting 1993, 27). Ritsosfäärissä on suurempi mikrobiologinen aktiivisuus kuin muualla maaperässä. Aktiivisuuden intensiivisyys riippuu siitä, kuinka kauas juuresta juurieritteet pystyvät kulkeutumaan. (Subba Rao 1995, 51.) Hartikaisen (1992, 72) mukaan ritsosfäärin mikrobisto on selkeästi erilainen verrattuna muualla maaperässä vallitsevaan mikrobistoon. Ritsosfäärissä ja maamurujen pinnoilla mikrobit ovat parhaiten suojassa kuivuudelta ja saalistajilta (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 387).

Maaperän mikrobien ravinto tulee pääosin kasvikaikkeesta ja juurieritteistä, minkä vuoksi mikrobiitiheys on 100—1000-kertainen kasvipeitteisillä mailla verrattuna paljaisiin maihin. Mikrobeja esiintyy maan kaikissa kerroksissa pohjaveteen saakka, mutta selkeästi suurimmillaan mikrobimäärä on 0-30 cm syvyydessä, missä juuristokin yleensä on. Mikrobiitiheys vähenee melko tasaisesti alaspäin mentäessä, ja samalla myös maan orgaanisen aineksen määrä vähenee. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 386-389.)

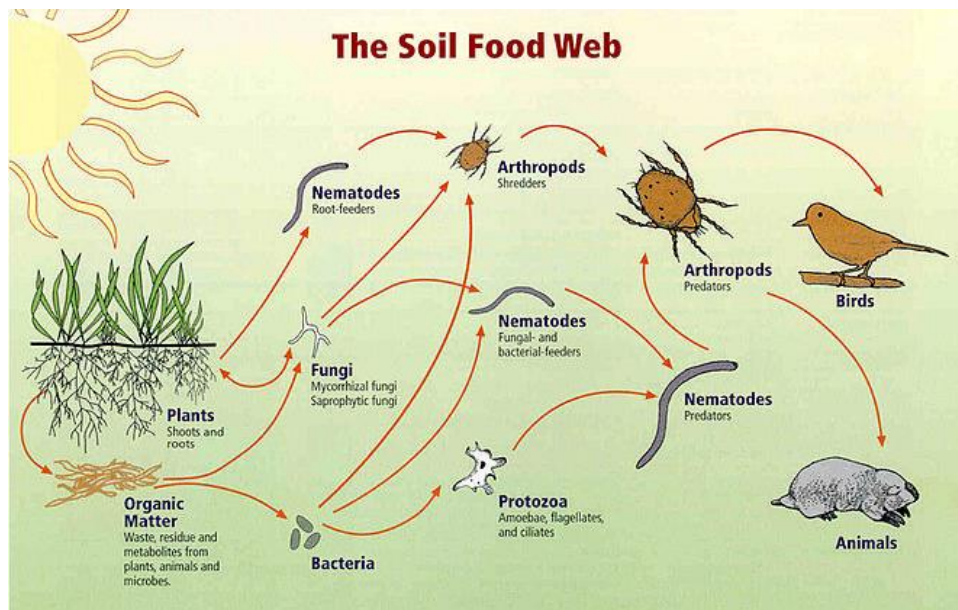
Mikrobiston pinta-ala kasvaa juuren pituuden ja pinta-alan kasvaessa (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 390). Mettingin (1993, 27) mukaan on arvioitu, että yhden vehnäkasvin (*Triticum aestivum*) koko juuriston pituus on yhteensä 71 000 metriä. Ritsosfäärin ja mikrobiston määrä yhtä kasvia kohden on terveessä maassa merkittävän suuri. Mikrobitoiminnan johdosta kasvien veden ja ravinteiden, kuten typen, fosforin ja kaliumin, saanti paranee. Ritsosfääristä saamiensa ravinteiden vastineeksi mikrobi tuottavat kasvin kasvuun vaikuttavia yhdisteitä kuten kasvihormoneja ja antibiootteja. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 391.)

3 MAAPERÄN RAVINTOVERKOSTO

Kasvillisuus, kosteus, pH ja murukoko ovat tärkeimmät mikrobien toimintaa säätelevät tekijät maaperässä. Elävää biomassaa, eli mikrobeja ja pieneliöitä, on suomalaisessa viljelymaassa keskimäärin 1 % tilavuudesta. Mikrobit käyttävät kaiken orgaanisen aineksen hyvin tarkasti hyödykseen, minkä vuoksi orgaanisen aineksen pitoisuudet ovat vähäisiä juuristovyöhykkeen alapuolella. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 385-389.)

Mikrobit jaotellaan energianhankkimistapojensa perusteella. Fototrofit saavat energiansa auringon säteilystä, kemotrofit taas orgaanisten tai epäorgaanisten ainesten hapettamisesta. Heterotrofit eli toisenvaraiset tarvitsevat orgaanisia energianlähteitä, kun taas autotrofit eli tuottajat käyttävät epäorgaanisia energianlähteitä. (Metting 1993, 11.)

Ravintoverkoston hiilen ja energian kierto alkaa aina tuottajista, kuten kasveista, leivistä ja jäkälistä. Tuottajien soluihin varastoituneet ravinteet ovat ensimmäisen asteen kuluttajien pääasiallista ravintoa. Ensimmäisen asteen kuluttajat ovat kasvinsyöjiä, jotka suosivat joko elävää tai kuollutta kasviainesta. Toisen asteen kuluttajat ovat petoja, jotka syövät kasvinsyöjiä. Kolmannen asteen kuluttajat puolestaan syövät toisen asteen kuluttajia. Maaperän eliöt eivät kuitenkaan muodosta ravintoketjua, vaan ennemminkin ravintoverkoston (kuva 1). (Brady & Weil 2014, 516-520.)



Kuva 1. Maaperän ravintoverkosto (USDA n.d.)

3.1 Bakterit

Bakteerit ovat ensimmäinen elämänmuoto maapallolla, ja ne ovat saaneet alkunsa yli 3 miljardia vuotta sitten. Bakteerit ovat esitumallisia eli prokaryooteja, ja ne lisääntyvät jakautumalla. (Lowenfels & Lewis 2013, 43.) Noin puolet maaperän mikrobiston biomassasta koostuu bakteereista, ja niitä esiintyy kaikenlaisissa maissa. Hapettomissa oloissa bakteerit hallitsevat, sillä sienet ja aktinobakteerit tarvitsevat happea selviytyäkseen. (Subba Rao 1995, 30-31.)

Bakteerit tarvitsevat kosteat olosuhteet pitääkseen elintoimintojaan yllä, liian kuivassa ympäristössä ne menevät lepotilaan. Bakteerit harvoin kuolevat vanhuuteen, vaan yleensä ne päätyvät jonkun toisen eliön ruuaksi. Bakteereja on kolme perusmuotoa, jotka ovat coccus, bacillus ja spiraali. (Lowenfels & Lewis 2013, 43.) Bakteerit jaetaan aerobisiin eli happea tarvitseviin, fakultatiivisesti anaerobisiin eli myös hapettomissa oloissa selviytyviin, ja anaerobisiin, jotka elävät pelkästään hapettomissa olosuhteissa (White 1997, 38).

Suurin osa maaperän bakteereista on heterotrofeja eli toisenvaraisia (White 1997, 38). Heterotrofit bakteerit hajottavat eläin- ja kasvipäristä jätettä saadakseen tyyneä, hiiliyhdisteitä ja muita ravinteita. Nuoret ja tuoreet kasvinosat ovat bakteerien pääasiallinen ravinnonlähde, sillä niissä on paljon helposti hajotettavia yksinkertaisia sokereita. Bakteerit ovat erityisen tärkeässä roolissa kolmen peruselementin, hiilen, rikin ja typen, kierrättämisessä. (Lowenfels & Lewis 2013, 44-47.)

3.2 Sienet

Kuten bakteerejakin, myös sieniä löytyy kaikkialta maapallolta (Lowenfels & Lewis 2013, 63). Orgaanisen aineksen määrä ja laatu vaikuttavat sienten esiintymiseen maaperässä, sillä sienet ovat lähes aina heterotrofeja eli tarvitsevat orgaanista ainesta energiakseen. Sienet hallitsevat happamia maita, sillä bakteerit ja aktinobakteerit eivät viihdy happamissa oloissa. Sieniä löytyy myös neutraaleista ja emäksisistä maista, ja jotkin lajit sietävät jopa oloja, joissa pH on 9. Liika kosteus on kuitenkin sienille ongelma, sillä ne ovat aerobisia, ja siksi viihtyvät enemmän kuivissa maissa. Eri sienilajeja esiintyy maan eri syvyyksissä ja eri vuodenaikoihin. (Subba Rao 1995, 34-35.) Eniten sieniä esiintyy kuitenkin karikkekerroksessa ja maaperän ylimmässä kerroksessa (White 1997, 27).

Sienet ovat erittäin tärkeitä hajottajia maaperässä, sillä ne pystyvät hajottamaan kovempiakin materiaaleja, kuten kitiiniä ja luita. Sienet hajottavat hyvin ligniiniä ja pystyvät liuottamaan myös fosforia maaperästä, joka on hyvin vaikealiukoista, koska se sitoutuu nopeasti ja tiukasti maaperään niin kemiallisesti kuin fyysisestikin. (Lowenfels & Lewis 2013, 65-66.) Sienten päätehtäviä maaperässä ovat orgaanisen aineksen hajotus ja aggregointi eli maapartikkelien yhdistäminen, mikä edesauttaa mururakennetta (Subba Rao 1995, 36.) Sienen rihmat tekevät maaperään kapeita tunneleita, jotka myöhemmin sienen kuoltua huokoistavat maaperää ja ovat hyviä piilopaikkoja bakteereille (Lowenfels & Lewis 2013, 65).

Mykorritsat eli sienijuuret ovat auttaneet kasveja laajentamaan elinympäristöään vedestä maan pinnalle noin 450 miljoonaa vuotta sitten (Lowenfels & Lewis 2013, 69). Nykyisistä kasveista yli 80 % elää symbioosissa mykorritsasienen kanssa. Mykorritsat jaetaan kahteen pääryhmään; endo- ja ektomykorritsoihin. Endomykorritsat tunkeutuvat kasvien juurten kuorikerroksen soluihin sisälle, kun taas ektomykorritsat kiinnittyvät juurten kuorisolujen välitilaan. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 397-399.)

Mykorritsasienen avulla kasvin juuriston pinta-ala voi kasvaa jopa 700–1000-kertaiseksi (Lowenfels & Lewis 2013, 70). Mykorritsa edistääkin kasvin vedenottokykyä niin lisääntyneellä pinta-alalla, kuin myös ulottumalla kauemmas kuin kasvin omat juuret. Mykorritsa tuo kasville ravinteita, erityisesti fosforia ja typpeä, ja auttaa kasvia suojautumaan patogeeneiltä ja raskasmetalleilta sitomalla vaarallisia aineita itseensä. Mykorritsa puolestaan saa kasvilta fotosynteesituotteita ravinnokseen. (Haahtela & Salkinoja-Salonen 2002, 402-404.) Kasvinsuojeluaineet, väkilannoitteet ja maan muokkaus ovat haitallisia niin mykorritsoille kuin muillekin sienille (Lowenfels & Lewis 2013, 69).

3.3 Lierot

Lierolajeja on olemassa yli 7000. Lieroilla ei ole silmiä, mutta niiden ihosolut ovat hyvin herkkiä valolle. Niillä on hampaaton lihaksikas suu, jolla ne imevät ravintonsa lihasmahaan, jossa ruoka jauhetaan pieneksi hiekan tai pienten kivien avulla. Ruuansulatuksessa on bakteereja, jotka immobiloivat ravinteet sisäänsä. Bakteerien entsyymit vapauttavat vaikealiukoisia partikkeleja, minkä vuoksi lierojen uloste on erityisen ravinnerikasta. (Lowenfels & Lewis 2013, 96-98.)

Lierojen tehtäviä maaperässä ovat muun muassa silppuaminen, ilmastus, aggregointi, orgaanisen aineksen ja mikrobien kierrättäminen, vedenläpäisevyyden parantaminen, mikrobipopulaatioiden runsastuttaminen ja juurten kasvun auttaminen. Eri lierolajit tekevät erilaisia käytäviä, pysyviä ja väliaikaisia, vertikaalisia ja horisontaalisia. (Lowenfels & Lewis 2013, 97-100.) Vain harva laji kuitenkaan pysyy pelkästään yhdessä maan kerroksessa, vaan suurin osa liikkuu mineraalisen pohjan ja orgaanista ainesta sisältävän kärkekerroksen välillä. Liikkuessaan lierot syövät kuollutta orgaanista ainesta ja samalla nielevät myös paljon mineraaleja, ja näin sekoittavat maaperää syvemmältä. Lierottomassa maassa kärkekerroksen ja mineraalisen pohjan välillä näkyy selkeä ero, koska ainekset eivät sekoitu. (White 1997, 29.)

Aktiivisuutensa ja biomassansa vuoksi voidaan jopa sanoa, että lieroilla on yhtä suuri rooli maaperässä kuin muulla mikrobistolla yhteensä. Lierokantaa säätelee ravinnon määrä, maaperän lämpötila, kosteus ja pH. Lieroja harvoin tavataan maissa, joiden pH on alle 4,5, sillä useimmat lajit suosivat neutraalia tai emäksistä maata. Liian kuumissa ja kuivissa olosuhteissa lierot menevät syvemmälle maahan ja vaipuvat lepotilaan. (White 1997, 29-30.) Myöskään liian hiekkaiset maaperät eivät sovi lieroille, sillä pienten kivien reunat raapivat niiden herkkää ihoa (Brady & Weil 2014, 528). Suomalaisissa peltokokeissa on todettu, että pitkäaikainen kyntämättä viljely vahvistaa lierokantoja merkittävästi (Heinonen 1992, 105).

3.4 Muut eliöt

Aktinobakteerit luokitellaan bakteerien kanssa samaan luokkaan kuuluviksi, morfologisesti ne ovat bakteerien ja sienten välimuotoja (Hartikainen 1992, 73). Aktinobakteerit ovat aerobisia ja kestävät huonosti happamia olosuhteita. Ne pystyvät hajottamaan ligniiniä ja monimutkaisia orgaanisia yhdisteitä paremmin kuin sienet ja bakteerit. (White 1979, 27.) Jotkin aktinobakteerit voivat olla kasvitautien aiheuttajia, toiset taas erittävät maaperään kasveille hyödyllisiä antibiootteja. Aktinobakteerit aiheuttavat maalle tyypillisen hajun. (Hartikainen 1992, 73.) Aktinobakteerit viihtyvät yleensä 25-30 °C lämpötilassa, mutta on myös termofiilisiä lajeja, jotka viihtyvät 55-65 °C lämpötilassa. Termofiiliset aktinobakteerit ovat tärkeässä osassa kompostien hajotustoiminnassa. (Subba Rao 1995, 34.)

Levät erittävät hiilihappoja, jotka rapauttavat maata biologisesti. Ne ovat mukana sukkession aloittamisessa, kuoltuaan ne muodostavat maaperää yhteisvaikutuksessa kallion rapautumisen, ilman ja veden kanssa. Maaperässä levät sitovat maapartikkeleja yhteen, huokoistavat tiivistä maata ja voivat toimia ravintoverkoston alimpana tasona. Levät tarvitsevat vesikalvon kasvualustakseen. (Lowenfels & Lewis 2013, 75-77.) Levissä on klorofylliä eli lehtivihreää, jonka vuoksi ne ovat fototrofisia ja sitovat ilmakehästä typpeä sekä luovuttavat happea (Subba Rao 1995, 37).

Alkueläimet ovat yksisoluisia, aiotumallisia eliöitä joiden lajeja tunnetaan yli 60 000, joista suurin osa elää maaperässä. Alkueläimiä on kolmea perusmuotoa; isoimpia kooltaan ovat pseudopodit eli valejalat, keskikokoisia ripsieläimet, ja pienimpiä ovat siimaeliöt. Lähes kaikki alkueläimet ovat heterotrofeja, ja ne käyttävät ravinnokseen pääasiassa bakteereja, sieniä ja muita alkueläimiä. Alkueläinten tehtävä maaperässä on kierrättää ravinteita, varsinkin typpeä, ja olla ravintona isommille maaperän eliöille. (Lowenfels & Lewis 2013, 80-84.) Alkueläimet viihtyvät maan ylimmässä kerroksessa, ja niiden selviytyminen riippuu bakteerien ja sienten määrästä. Jos maaperässä ei ole tarpeeksi ravintoa tai liian kuumat ja kuivat olosuhteet, alkueläimet pystyvät vaipumaan lepotilaan, joka voi kestää jopa vuosia. (Subba Rao 1995, 38.)

Sukkulamatolajeja tunnetaan yli 20 000, mutta niitä epäillään olevan olemassa jopa miljoona. Eri sukkulamatojen lajit ovat erikoistuneet syömään eri ravintoa, kuten kasvijätettä, bakteereja, sieniä, alkueläimiä ja isompia eliöitä. Sukkulamadot ovat yksiä tehokkaimmista ravinnonkierrättäjistä maaperässä. Ne ovat sokeita mutta pystyvät löytämään ravintonsa lämpötilojen ja kemikaalien aistimisen avulla. Bakteerit ja sienet hyötyvät sukkulamadoista siten, että ne pystyvät matkustamaan pitkiä matkoja maaperässä sukkulamatojen pinnalle tarrautuneena, ja näin levittäytymään uusille alueille. Maaperän ollessa liian tiivis sukkulamatojako kuolevat tai siirtyvät uudelle elinalueelle, jolloin typen kierto tiiviillä alueella heikkenee. (Lowenfels & Lewis 2013, 85-88.)

Niveljalkaiset on suurin eläinkunnan pääjakso, siihen kuuluu yli miljoona eri lajia. Arvion mukaan jopa 85 % nykyisistä eläinlajeista on niveljalkaisia. Niveljalkaiset jaetaan neljään alajaksoon, jotka ovat kuusijalkaisten alajakso, johon kuuluvat mm. hyönteiset, leukakoukullisten alajakso, johon kuuluvat mm. hämähäkkieläimet, tuhatjalkaisten alajakso ja äyriäisten alajakso. (Wikipedia, 2017.) Maaperässä niveljalkaiset silppuavat orgaanista ainesta, saalistavat muita eliöitä ja huokoistavat maata. Ne ovat tärkeässä osassa orgaanisen aineksen kierrättämisessä ja kompostoisemisessa. Pienemmät eliöt pystyvät matkustamaan pitkiä matkoja kiinnittyneinä niveljalkaisten pinnalle. (Lowenfels & Lewis 2013, 90-93.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

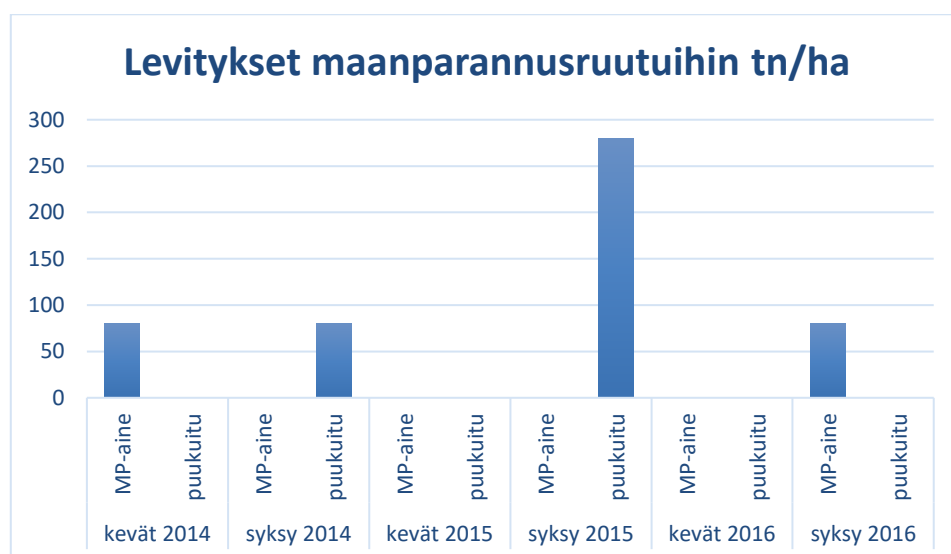
Koepelto on kahteen osaan tasaisesti jaettu, yhteensä noin yhden hehtaarin kokoinen alue. Koeruutujen kulmapisteet on määritetty GPS-laitteen avulla. Pellon päämaalaji on hiesavi. Kahdella ensimmäisellä kaudella pellolla kasvoi sinimailanen (*Medicago sativa*), kolmannella kasvukaudella kaura (*Avena sativa*).

4.1 Koeruudut ja käsittelyt

Peltokokeessa on 32 koeruutua, jokainen 345 m² alaltaan. Eri käsittelyjä on kahdeksan, joista jokaisesta on neljä kerrannetta. Koe on toteutettu satunnaistettujen täydellisten lohkojen kokeena. Käsittelyt ovat:

- 1) maanparannusaine 1
- 2) maanparannusaine 2
- 3) maanparannusaine 1 + jankkurointi
- 4) maanparannusaine 2 + jankkurointi
- 5) kemiallinen lannoitus
- 6) kemiallinen lannoitus + jankkurointi
- 7) jankkurointi
- 8) kontrolli

Maanparannusaineruutuihin on lisätty kolmannen kauden syksyllä maanparannusaineita 80 tn/ha. Aiemmin maanparannusaineita lisättiin ensimmäisen tutkimusvuoden keväällä 80 tn/ha. Lisäksi maanparannusruutuihin on lisätty ravinteetonta puukuitua eli nollakuitua ensimmäisenä tutkimusvuotena 80 tn/ha ja toisena tutkimusvuotena 280 t/ha. Levitykset on esitetty kuvassa 2. Maanparannusaineruutuja ei ole erikseen lannoitettu missään vaiheessa.



Kuva 2. Maanparannusruutuihin tehdyt käsittelyt.

Jankkurointi on tehty kokeen ensimmäisenä kautena, jankkurointiruuduille ei ole annettu erillistä lannoitusta. Kemiallisen lannoituksen ruudut lannoitettiin kolmannella kaudella kesäkuun alussa käsin YaraBela 27-0-1-lannoitteella, 10 kg/ruutu. Kontrolliruutuja ei ole käsitelty erikseen mitenkään koko kokeen aikana. Koepellolla oli kahden ensimmäisen kauden ajan ongelma monivuotisten rikkakasvien kanssa, minkä vuoksi koko koalueelle tehtiin kolmannen kauden keväällä rikkakasvuiruiskutus Ariane S-aineella (1 l / 100 l vettä).

4.2 Maanäytteiden otto

Bakteeri- ja sienimääritysten maanäytteet otettiin kairalla neljä pistoa per ruutu. Maanäytteet otettiin 0-10 cm syvyydestä niin, että maan päällimmäinen kerros jätettiin näytteestä pois. Maanäytteitä säilytettiin muovisioissa pakastimessa määritysten tekemiseen saakka. Määrittelyyn käytetyt maanäytteet otettiin syyskuun alussa kauran puimisen jälkeen.

4.3 Kuiva-aineen määrittely

Ensin punnittiin lasisten petrimaljojen painot ja kirjattiin tiedot ylös. Jokaiselle petrimaljalle punnittiin 10 g maanäytettä. Näytteet laitettiin 24 tunniksi kuivatusuuniin 100 °C lämpötilaan. Kuivuneet näytteet punnittiin ja petrimaljojen painot vähennettiin tuloksista. Kuivapainotuloksia käytettiin myöhemmin laskuyhtälöissä, joilla laskettiin sienirihmastojen pituudet m/g kuivaa maata ja bakteerien määrät kpl/g kuivaa maata.

4.4 Bakteerimääritykset

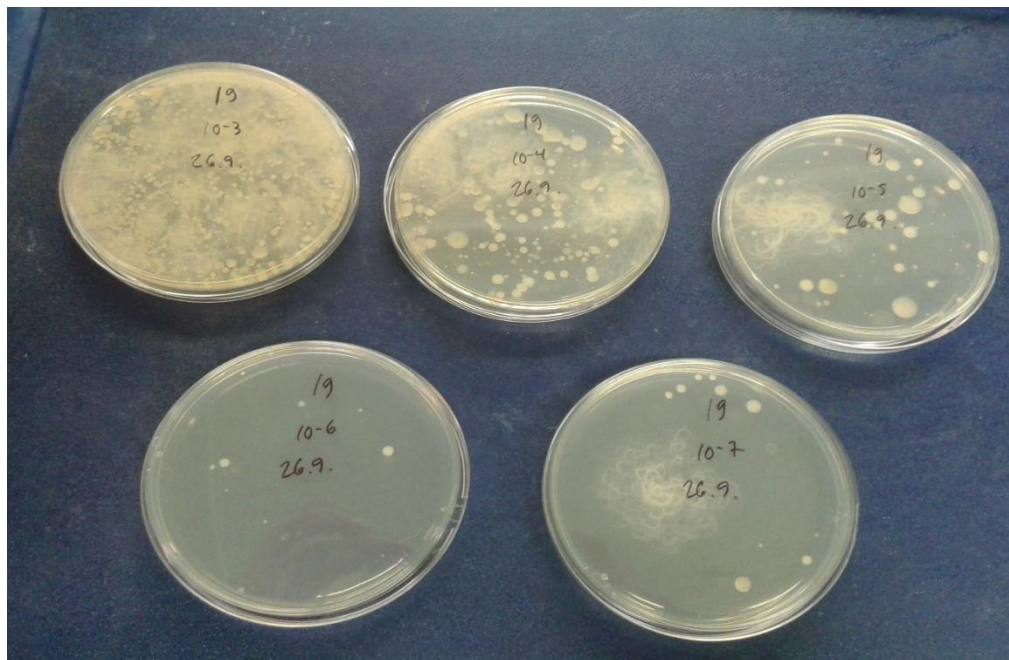
Agar-pohjainen elatusaine keitettiin ioninvaihtoveden kanssa tasaiseksi liuokseksi ja jaettiin petrimaljoille laminaarivirtauskaapissa. Kasvatusalustoja säilytettiin ylösalaisin jääkaapissa ennen määritysten tekoa. Kasvatusalustoja tarvittiin kokeessa yhteensä 180, sillä jokaista ruutua kohden tehtiin viisi bakteeriviljelyä, sekä jokaisella neljällä määrityskerralla yksi kontrollisarja.

10 g maata sekoitettiin purkkiin, jossa oli 90 ml steriloitua vettä. Sekoituksen jälkeen liuoksesta pipetoitiin 1 ml koeputkeen, jossa oli 9 ml steriloitua vettä. Pipetointia jatkettiin koeputkesta seuraavaan pipetinkärkeä vaihtaen, jolloin jokaiseen koeputkeen tuli kymmenen kertaa edellistä laimeampi liuos. Koeputkia oli viisi, jolloin liuoksia syntyi väkevimmästä 10^{-2} -liuoksesta laimeimpaan 10^{-6} -liuokseen.

Maljauksessa koeputkista pipetoitiin 0,1 ml petrimaljoille. Petrimaljoille tiputetut pisarat levitettiin alkoholilla ja tulella steriloitua lasikolmiota käyttäen. Maljauksessa pitoisuudet laimenivat kymmenkertaisesti, jolloin väkevimmästä liuoksesta tuli 10^{-3} ja laimeimmasta 10^{-7} . Nesteen imeytyttyä kasvualustaan petrimaljat käännettiin ylösalaisin ja laitettiin pimeään

kasvamaan. Jokaisen maljauserän rinnalla tehtiin myös kontrollisarja pelkkää steriloitua vettä käyttäen. Kontrollisarjan avulla varmistettiin, ettei näytteisiin ollut tullut liikaa bakteereja ilmasta tai työvälineistä.

Yleensä bakteerit voidaan laskea 1-7 vuorokauden kuluttua maljauksesta riippuen olosuhteista ja bakteerien kasvunopeudesta, tässä tilanteessa bakteerit laskettiin kahden vuorokauden kuluttua. Laskennassa käytettiin merkkäavaa kynää, joka laskee painallukset. Lähes kaikkien ruutujen väkevimmän liuoksen maljat olivat kasvaneet umpeen (kuva 3). Tilastot tehtiin 10^{-4} -pitoisuudesta, sillä tässä pitoisuudessa bakteerit olivat luotettavimmin laskettavissa.



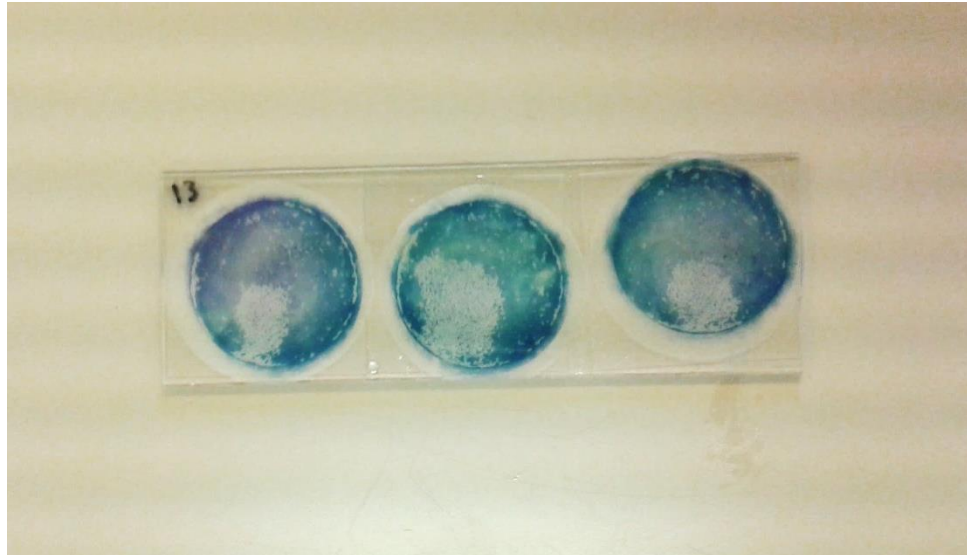
Kuva 3. Ruudun 19 (jankkurointi) bakteerinäytteet. Laimein pitoisuus oikealla alakulmassa, väkevin vasemmalla ylhäällä.

Laskentatuloksista vähennettiin kontrollisarjan vastaavan pitoisuuden bakteerimäärä ja tulos kerrottiin niin, että se oli muodossa kpl/g. Jokaisen ruudun näytteestä tehdyn kuivapainotuloksen mukaan bakteerimäärä laskettiin lopulliseen muotoonsa kpl/g kuivaa maata.

4.5 Sienimääritykset

Sienimäärityksiä tehtäessä työvälineiden ei tarvinnut olla yhtä tarkasti steriloituja kuin bakteerimäärityksissä, puhtaat työvälineet riittivät. 10 g maanäytettä sekoitettiin hyvin purkissa, jossa oli 200 ml vesijohtovettä. Tästä liuoksesta pipetoitiin 1 ml mittalasiin, joka täytettiin 50 ml tasoon vesijoh-tovedellä.

Näytteet tehtiin suodatinkalvoille suodatinlaitteistoa käyttäen. Näytteet värjättiin metyleenisinillä, huuhdeltiin ioninvaihtovedellä ja kuivattiin alipaineen avulla. Yhtä koeruutua kohden tehtiin kolme näytettä objektilasille (kuva 4). Ennen peitinlasin asettamista näyte kosteutettiin immersioöljyllä, jonka avulla näyte pysyi lukukelpoisena noin kolme vuorokautta.



Kuva 4. Ruudun 13 (jankkurointi) sieninäytteet objektilasilla.

Jokaisesta näytteestä katsottiin 30 näkymää mikroskoopilla 400-kertaisella suurennuksella. Laskennassa käytettiin apuruudukkoa mikroskooppinäkymässä, jonka avulla laskettiin kuinka monesti sienirihmasto leikkaa ruutujen sivuja. Jokaista koeruutua kohden saatiin siis yhteensä 90 näkymästä rihmastonleikkauspisteiden määrä. Näkymien leikkauspisteiden määrä laskettiin yhteen ja lopullinen tulos laskettiin yhtälöllä:

$$\frac{y * l * \frac{\pi}{4} * \pi * r^2}{n * w * A * (1 + \frac{1}{k})} \quad (1)$$

y= suodattimelta laskettujen leikkauspisteiden kokonaismäärä

l= yhden mittaokulaarin pienen neliön sivun pituus (m) suodattimella

r= suodattimen aktiivisen alueen säde (m)

n= suodattimelta laskettujen näkökenttien lukumäärä

w= suodattimella olevan näytteen kuivapaino (g)

A= yhdestä näkökentästä laskettu ala ($k \cdot l$)²

k= pienten neliöiden kulumäärä ison neliön sivulla

Yhtälöstä saatiin tulokseksi sienirihmaston pituus m/g kuivaa maata.

4.6 Maahengitysmittaukset

Kasvit ja kasvinosat poistettiin maan pinnalta lapiolla koekohdista. Jokaiselle ruudulle laitettiin kolme viiden litran ämpäriä maahan tiiviisti ylösalaisin ja annettiin olla siinä neljä tuntia. Neljän tunnin kuluttua ämpäristä otettiin näyte kinkunsuolausneulalla vetämällä 100 ml ilmaa Dräger-putken läpi (kuva 5). Jos ensimmäisen näytteen tulos oli 0,5 % tai enemmän, tämä tulos kirjattiin. Jos tulos oli vähemmän kuin 0,5 %, vedettiin ilmaa Dräger-putken läpi vielä 4 kertaa, jolloin ilmaa kulki yhteensä 500 ml ja tulos katsottiin viisi kertaa laimeammalta asteikolta.

Ruudun kolmesta tuloksesta laskettiin keskiarvo, joka kertoo prosentteina, kuinka paljon ilmatilaan on muodostunut hiilidioksidia. Lopullisissa tuloksissa ei huomioitu ensimmäisen kerranteen mittaustuloksia, sillä mittauksen jälkeen kävi ilmi, että käytetty ilmaletku oli ollut rikki, ja siksi mittauksesta saatiin epäluotettavia tuloksia.

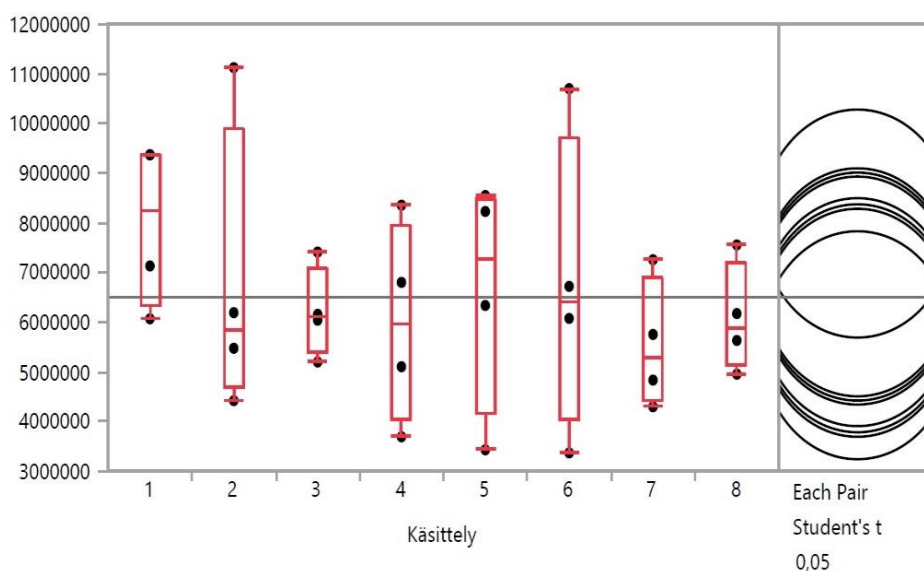


Kuva 5. Maahengityksen mittaaminen.

5 TULOKSET

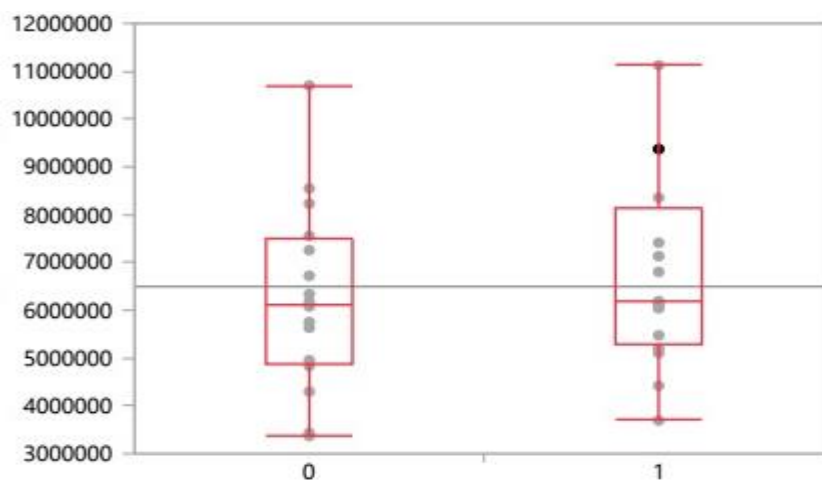
5.1 Bakterien määrä

Taulukko 1. Bakterien määrä kpl/g kuivaa maata käsittelyittäin.



Bakterien määrissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä.

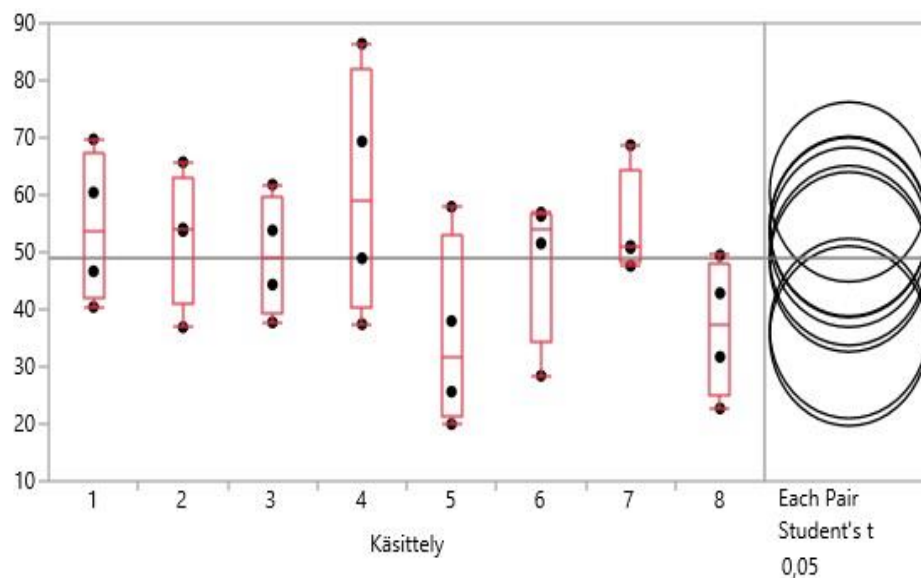
Taulukko 2. Bakterien määrä kpl/g kuivaa maata. 0 = ei lisättyä orgaanista ainesta, 1 = lisätty orgaanista ainesta.



Ruuduissa, joihin oli lisätty orgaanista ainesta ja ruuduissa, joihin ei oltu lisätty orgaanista ainesta ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja bakterien määrän suhteen.

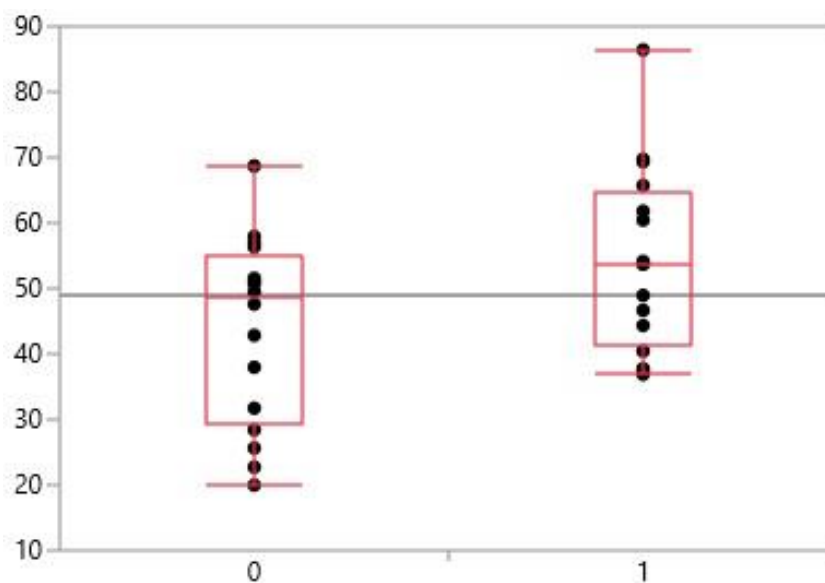
5.2 Sienirihmastojen pituus

Taulukko 3. Sienirihmastojen pituudet m/g kuivaa maata käsittelyittäin.



Sienirihmastojen pituuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä.

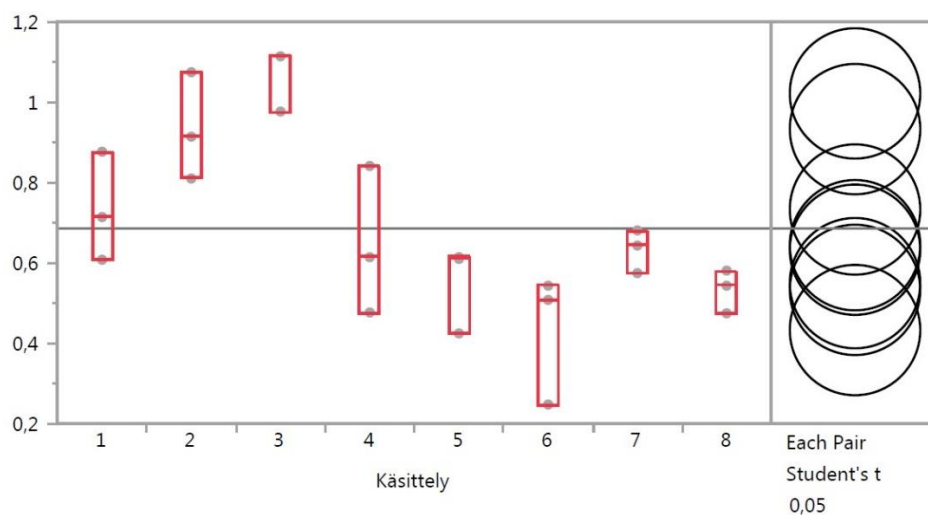
Taulukko 4. Sienirihmastojen pituudet m/g kuivaa maata. 0 = ei lisättyä orgaanista ainesta, 1 = lisätty orgaanista ainesta.



Ruuduissa, joihin oli lisätty orgaanista ainesta ja ruuduissa, joihin ei oltu lisätty orgaanista ainesta ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja sienirihmastojen pituuden suhteen.

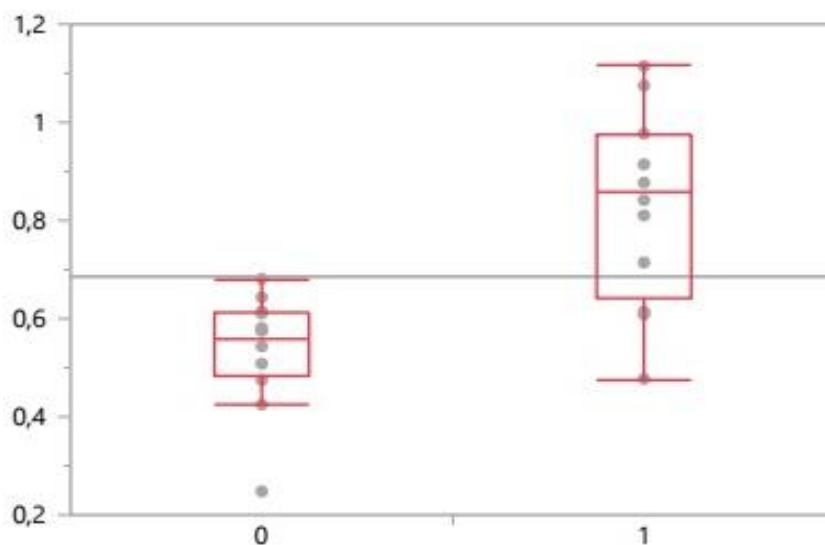
5.3 Maahengitys

Taulukko 5. Hiilidioksidin tuotanto prosentteina käsittelyittäin kerranteista 2, 3 ja 4.



Maahengityksessä eli hiilidioksidin tuotannon määrässä oli joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja. Käsittelyissä 2 ja 3 hiilidioksidipitoisuudet olivat korkeammat kuin käsittelyissä 5, 6, ja 8.

Taulukko 6. Hiilidioksidin tuotanto prosentteina kerranteista 2, 3 ja 4. 0 = ei lisättyä orgaanista ainesta, 1 = lisätty orgaanista ainesta.



Ruuduissa, joihin oli lisätty orgaanista ainesta, oli merkitsevästi korkeampi maahengityksen taso kuin ruuduissa, joihin ei oltu lisätty orgaanista ainesta.

6 TULOSTEN TULKINTA

Maanparannusaineiden suurin vaikutus näkyy maahengityksessä eli hiilidioksidin tuotannossa. Hiilidioksidin tuotanto on suurempaa koeruuduissa, joihin on lisätty orgaanista ainesta. Vaikka sienirihmaston ja bakteerien määrissä ei näkynyt huomattavia eroavaisuuksia käsittelyjen välillä, voi esimerkiksi lierojen ja muiden maaperän eliöiden lisääntynyt määrä vaikuttaa hiilidioksidin tuotantoon. Orgaaninen aines huokoistaa maan rakennetta, jolloin varsinkin isommat eliöt, kuten lierot, pääsevät liikkumaan paremmin ja mahdollisesti alkavat viihtyä maanparannusruuduissa.

Heinosen (1992, 105) mukaan lierot ovat herkkiä runsaalle typpilannoitukselle, mikä voisi myös selittää sitä, miksi maahengitys on aktiivisempaa maanparannusruuduissa kuin kemiallisen lannoituksen ruuduissa. Lierokannan runsastuminen vaatii myös riittävän hyvää ravinnetilannetta maassa, mitä orgaanisen aineksen lisääminen edesauttaa. Eräässä maissilla tehdyssä tutkimuksessa on todettu, että mitä enemmän pellon pinnalla on orgaanista ainesta, sitä suurempi on lierojen määrä ja maan vedenläpäisykyky (Brady & Weil 2014, 527). Tästä voisi päätellä, että puukuitu tarjoaa hyvät elinolosuhteet lieroille ja lierot puolestaan maaperää huokoistamalla tarjoavat edullisemmat olosuhteet myös muille mikrobeille, jolloin maahengitys lisääntyy.

Hiuesavinen pelto oli lähtötilanteessa hyvin tiivis ja läpäisemätön. Maaperän huokoistuminen on voinut vaikuttaa myös sienirihmastojen lisääntymiseen määrään verrattuna lähtötilanteeseen. Sienet eivät viihdy hapettomissa ja liian kosteissa oloissa, mutta puukuidun lisäämisen myötä elinolosuhteet ovat parantuneet. Whiten (1997, 38) mukaan puukuidusta 20-30 % on ligniiniä, jonka pääasiallisia hajottajia ovat sienet ja aktinobakteerit. Puukuitu tarjoaa siis sienille hyvän ravinnonlähteen. Härkösen (2015, 18) mukaan tämän peltokokeen lähtötilanteessa sieniä löytyi vain noin 40 % koeruuduista. Kolmantena vuotena eli tämän opinnäytetyön tutkimuksissa niitä löytyi jo jokaisesta koeruudusta. Sienten määrä on lisääntynyt niin maanparannusruuduissa kuin muissakin ruuduissa. Mahdollisesti kahden ensimmäisen vuoden sinimailaskasvusto on paalujuurillaan parantanut maaperän rakennetta ja tehnyt siitä suotuisamman elinympäristön sienille.

Kaudella 2016 kaura kasvoi erityisen huonosti koeruuduissa, joihin oli lisätty maanparannusaineita ja puukuitua. Maanparannusruutuihin lisättiin paljon puukuitua kokeen toisena vuotena. Hatakan (2002, 482) mukaan puuaineksessa on vain noin 0,09 % typpeä. Hartikaisen (1992, 47) mukaan vähätyppisen aineksen hajotus kuluttaa maan liukoisia typpivaroja. Puukuidun kompostoituminen on siis luultavasti kuluttanut maanparannusruutujen typpivarat loppuun, ja koska maahan ei lisätty muuta orgaanista ainesta tai lannoitetta pariin kasvukauteen, ei maanparannusruuduissa kasvava kaura saanut tarpeeksi typpeä

kasvaakseen hyvin. Kokeen kahdella ensimmäisellä kaudella kasvaneen sinimailasen oli tarkoitus kerätä tyypeä maaperään, mutta sinimailasen kasvu ei onnistunut odotetusti rikkakasvitilanteesta ja maan tiiviyydestä johtuen. Kauran kitulias kasvu puolestaan saattaa vaikuttaa kokeen tuloksiin siten, ettei maanparannusruutuihin ole huonon kasvun vuoksi muodostunut myöskään hyvää juuristoa, jolloin ritsosfääri eli mikrobien pääasiallinen elintila on pienempi. Hartikaisen (1992, 72) mukaan monien maaorganismien esiintyminen riippuu siitä, millainen juuristo kasvilla on.

Sinimailaskasvustossa olleiden rikkakasviongelmien vuoksi keväällä 2016 koepelto jouduttiin käsittelemään kemiallisella kasvinsuojeluaineella. Peltoon ruiskutettiin Ariane S -nimistä herbisidiä. Aineen käyttöturvallisuustiedotteessa sen mainitaan olevan erittäin myrkyllistä vesieliöille ja mahdollisesti haitallista kastelieroille (Dow Agrosiences Danmark a/s 2016, 11). Kevään ruiskutus on siis voinut vaikuttaa maan mikrobien hyvinvointiin. Koelohkojen välittömässä läheisyydessä viljellään kuminaa tavanomaisin viljelymenetelmin, myös kuminalle tehtävät kemialliset käsittelyt ovat voineet vaikuttaa koelohkojen mikrobiologiseen elämään.

Keväällä 2014 koepeltoon tehty jankkurointi näkyi kaurakasvustossa vuonna 2016 kitukasvuisina raitoina. Jankkurointi on luultavasti tehty liian kosteaan maahan, jolloin maa on kuohkeutumisen sijaan tiivistynyt, ja näin vaikeuttaa nyt kasvien kasvua. Myöskään maaperän mikrobit, erityisesti sienet, eivät viihdy liian tiiviissä maassa.

Peltokokeen tuloksiin vaikuttaa mittaus- tai näytteenottohetkellä vallitseva kosteus ja lämpötila. Kolmantena vuotena näytteet on otettu muutaman päivän sisällä ja hyvin samanlaisissa sääolosuhteissa, joten olosuhdemuutosten ei pitäisi vaikuttaa käsittelyiden välisiin tuloksiin. Kolmannen vuoden tuloksia aiempien vuosien tuloksiin verrattaessa on kuitenkin muistettava, että mittaustilanteen olosuhteet ovat voineet olla hyvinkin erilaiset. Myös eri kokeentekijä voi toimia eri tavalla ja tulkita aineistoa eri tavalla. Tässä opinnäytetyössä ei verrata kolmantena vuotena saatuja tuloksia peltokokeen lähtötilanteeseen, sillä tuloksia on tulkittu eri tavalla ja siksi ne eivät ole vertailukelpoisia keskenään.

Kaikissa kokeesta saaduissa tuloksissa oli paljon hajontaa. Hajonnan vuoksi tilastollisia merkitsevyyksiä löytyi vain vähän. Tulevaisuudessa hajontaa voisi vähentää lisäämällä näytteiden määrää ja myöskin varmistamalla, että kokeentekijä osaa ja pystyy tekemään johdonmukaisesti kaikki analyysit samalla tavalla. Esimerkiksi maahengitystä mitattaessa ämpärin tai letkun tiiviys voi pettää, mikä johtaa tulosten vääristymiseen. Tässä kokeessa ensimmäisen kerranteen maahengitystulokset jouduttiin jättämään huomioimatta, sillä letku oli ollut kokeita tehtäessä rikki ja näin antoi vääristyneitä tuloksia. Haahtela ja Salkinoja-Salonen (2002, 389) esittävät maahengityksen mittaamisen avuksi natriumhydroksidia tai kaliumhydroksidia, joiden annetaan ensin imeä hiilidioksidia itseensä pellolla, ja näytteet myöhemmin analysoidaan laboratoriossa. Tätä

työtapaa onkin harkittu myös tähän peltokokeeseen, mutta laboratorioanalyysi olisi huomattavasti työläämpi kuin pelkästään pellolla tehtävä maahengitysmittaus.

Koska peltokoe on pitkäaikainen ja sen tekijät vaihtuvat lähes vuosittain, on tärkeää, että kokeiden toimintatavat ja tulokset kirjataan tarkasti ylös. Mikrobiologisten kokeiden pääpaino on saada esille samanhetkisen tilanteen käsittelyiden eroavaisuuksia. Jos kokeet tehdään joka vuosi hyvin samankaltaisesti, on mahdollista vertailla myös eri vuosien tuloksia ja tilanteen kehittymistä. Erityisesti kokeen viimeisinä vuosina olisi tärkeää tietää aiemmista vuosista, ja kuinka suuria muutokset ovat olleet.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kolmessa vuodessa orgaanisen aineksen lisääminen on vaikuttanut merkittävimmin maahengityksen tasoon. Bakteerien ja sienten määrissä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä. Kaikissa saaduissa tuloksissa on paljon hajontaa, mikä vaikeuttaa tulosten luottavuutta. Tulevaisuudessa koetta tulisi suunnitella huolellisemmin, ettei esimerkiksi typpivaje pääse yllättämään ja vaikuttamaan tuloksiin, kuten tällä koekaudella kävi. Koe jatkuu vielä seitsemän vuoden ajan, ja mikrobiologiset tutkimukset tullaan tekemään vielä ainakin kahteen otteeseen. Tässä opinnäytetyössä käytetyt kolme tutkimusmetodia vaikuttavat olevan hyviä tapoja tutkia mikrobiologista aktiivisuutta, kunhan näytteet kerätään lyhyen ajan sisällä ja tutkitaan samoilla tavoilla ja kriteereillä. Tutkimuksen tässä vaiheessa ei voida vielä todeta, miten maanparannusaineet ovat vaikuttaneet maan mikrobiologiaan.

8 LÄHTEET

Brady, N., Weil, R. (2014). *The nature and properties of soils*. Essex: Pearson Education Limited.

Dow Agrosiences Danmark a/s. (2016). Käyttöturvallisuustiedote. Haettu 23. 02 2017 osoitteesta http://kasvinsuojelu.berner.fi/sites/kasvinsuojelu.berner.fi/files/attachments/ariane_s_0.pdf

Haahtela, K. & Salkinoja-Salonen, M. (2002). Maamikrobiologia. Teoksessa M. Salkinoja-Salonen (toim.) *Mikrobiologian perusteita*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 385—408.

Hartikainen, H. (1992). Maaperä. Teoksessa R. Heinonen (toim.) *Maa, viljely ja ympäristö*. Porvoo: WSOY, 9—88.

Hatakka, A. (2002). Kiinteän aineen biohajoaminen. Teoksessa M. Salkinoja-Salonen (toim.) *Mikrobiologian perusteita*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 480—495.

Heinonen, R. (1992). Maan rakenne. Teoksessa R. Heinonen (toim.) *Maa, viljely ja ympäristö*. Porvoo: WSOY, 90—139.

Härkönen, T. (2016). *Puukuittutuotteiden lisäämisen vaikutukset pellon mikrobitoimintaan*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu.

Lowenfels, J. & Lewis, W. (2013). *Teaming with microbes: a gardener's guide to the soil food web*. Portland: Timber Press, Inc.

Mantsinen, S. (2017). Hyvä maan kasvukunto auttaa viljelijää onnistumaan. *Puutarha & kauppa*. 20(5), 37.

Metting, B. (1993). Structure and physiological ecology of soil microbial communities. Teoksessa B. Metting (toim.) *Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management*. New York: Marcel Dekker, Inc, 3—26.

Salkinoja-Salonen, M. (2002). Alkuaineiden kierrot. Teoksessa M. Salkinoja-Salonen (toim.) *Mikrobiologian perusteita*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 496—500.

Subba Rao. (1995). *Soil microorganisms and plant growth*. Enfield: Science Publishers, Inc.

White, R. (1997). *Principles and practice of soil science: The soil as a natural resource*. Cambridge: Blackwell Science Ltd.

White, R. (1979). *Introduction to the principles and practice of soil science*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Wikipedia. (2017). Niveljalkaiset. Haettu 9.3.2017 osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Niveljalkaiset>

KUVALÄHTEET

Kuva 1. USDA (n.d.). Soil food web. Haettu 8.3.2017 osoitteesta https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soil_food_webUSDA.jpg

Kuvat 2—5. Opinnäytetyöntekijän omia.

RUUTU 1 MP 1	RUUTU 2 MP 2	RUUTU 3 MP 1 + jankkurointi	RUUTU 4 kemiallinen lannoitus	RUUTU 9 kemiallinen lannoitus + jankkurointi	RUUTU 10 MP 2 + jankkurointi	RUUTU 11 MP 1	RUUTU 12 MP 2
RUUTU 5 MP 2 + jankkurointi	RUUTU 6 kemiallinen lannoitus + jankkurointi	RUUTU 7 jankkurointi	RUUTU 8 kontrolli	RUUTU 13 jankkurointi	RUUTU 14 MP 1 + jankkurointi	RUUTU 15 kemiallinen lannoitus	RUUTU 16 kontrolli

kampus

viinitila

RUUTU 17 MP 1 + jankkurointi	RUUTU 18 kemiallinen lannoitus + jankkurointi	RUUTU 19 jankkurointi	RUUTU 20 MP 2 + jankkurointi	RUUTU 25 MP 1	RUUTU 26 jankkurointi	RUUTU 27 kemiallinen lannoitus	RUUTU 28 kemiallinen lannoitus + jankkurointi
RUUTU 21 kemiallinen lannoitus	RUUTU 22 MP 2	RUUTU 23 kontrolli	RUUTU 24 MP 1	RUUTU 29 MP 2 + jankkurointi	RUUTU 30 MP 2	RUUTU 31 MP 1 + jankkurointi	RUUTU 32 kontrolli

KUVA KAURAPELLOSTA



Ruutu 11 (maanparannusaine 1) 25.8.2016. Kuvassa näkyy, kuinka kitukasvuisesti maanparannusruudun kaura kasvaa verrattuna oikealla puolella olevaan kemiallisen lannoituksen ruutuun (ruutu 15). Kauempana oikealla laidalla on myös kontrolliruutu (ruutu 16), jossa kasvu myöskin on parempaa.